

Opstellen van een hydrodynamische modellen suite TELEMAC-TOMAWAC voor de Broersbank

Project	Vlaamse Baaien – Monitoring “Broersbank”
Dossiernr	214.341
Titel	Conceptmodel Telemac 2D
Document nr.	214.341_R01_20150715_final
Author	Homayoon Komijani / Hana Ortega Yamamoto
Approved	Jaak Monbaliu
Date	15/07/2015 (draft) 24/07/2015 (final)

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	4
1.1. Opzet.....	4
1.2. Gebruikte windvelden	5
1.3. Calibratie/Validatie.....	5
2. HET TELEMAT_2D MODEL	6
2.1. Algemene achtergrond	6
2.1.1. TELEMAT_2D stromingsmodel.....	6
2.1.2. Opzet van het model.....	6
2.2. Modelgebied en rekenrooster.....	6
2.2.1. Model gebied	6
2.2.2. Werken met sferische coördinaten in TELEMAT – projectie	7
2.2.3. Open randvoorwaarden.....	8
2.2.4. Bathymetrie	8
2.2.5. Eindige elementenrooster.....	8
3. VALIDATIE.....	9
3.1. Gebruikte statistische parameters voor de validatie model.	9
3.2. Gebruikte gegevens voor de validatie van stromingsmodel.	9
3.3. Aanpassingen aan het oorspronkelijke model van Giardino (2008)	9
3.3.1. Invoer van meteo	9
3.4. Resultaten	10
4. SAMENVATTING, CONCLUSIES EN VERDERE STAPPEN.....	11
5. REFERENTIELIJST	12
REFERENCE TO THIS REPORT:.....	13

LIJST FIGUREN

- Figuur 1. Het modelgebied voor het TELEMAC_2D model. De bathymetrie (in m t.o.v. gemiddeld zeeniveau) is ingekleurd. Het eindige elementengrid is gesuperponeerd..... 7
- Figuur 2. Vergelijking waterstand berekend met Telemac 2D en gemeten op locatie Wandelaar..... 10

1. INLEIDING

1.1. Opzet

Het “Vlaamse Baaien” plan van de Vlaamse Overheid wil een kader bieden om onze kuststrook ook in de toekomst te beschermen en duurzaam te ontwikkelen. Het aanleggen van kustmatige eilanden of het verhogen van bestaande zandbanken is een mogelijke manier om de energie van de golven te absorberen en dus om onze kust beschermen. Het project 214.341 “Opstellen van een hydrodynamische modellen suite TELEMAC-TOMAWAC voor de Broersbank” is een vervolgproject op het project 212.276 “Vlaamse baaien – Monitoring Broersbank”. De doelstelling van het project “Vlaamse baaien – Monitoring Broersbank” was om de voortplanting, dissipatie en aangroei van golfenergie dat zich van offshore over een aantal zandbanken naar onze kust toe beweegt, te bestuderen enerzijds via metingen, anderzijds via numerieke modellering met behulp van een spectraal golfmodel weliswaar gekoppeld aan een hydrodynamisch model om de veranderende waterstanden mee te kunnen nemen in de modellering. Voor dat project werd gebruik gemaakt van de modellen WAM, SWAN en Coherens.

Begrijpen waar er mogelijke tekortkomingen zijn in de modellering van de golfdissipatie over zandbanken en die mogelijks verhelpen door verder onderzoek, zal toelaten om de effecten van de natuurlijke evolutie of van mogelijke ingrepen beter in te schatten. Wat betreft metingen zijn er eind november 2013 vijf golfboeien (2 directionele en 3 niet directionele) uitgelegd. De boeien zijn zo gepositioneerd dat ze een goed beeld kunnen geven van het verloop van de voortplanting en de dissipatie van de energie over de verschillende zandbanken voor onze kust. Deze boeien zijn momenteel nog altijd operationeel. Uit het voorgaande project is ook gebleken dat er nog ruimte is voor verbetering van de modelresultaten. Eén van de pistes is het gebruik van een andere modellentrein met name de combinatie van TELEMAC (model voor hydrodynamica) en TOMAWAC (spectraal golfmodel). Dit rapport heeft betrekking op het concept dat gebruikt wordt om de modellering van de waterstanden en de stroming te doen op basis van het hydrodynamisch model TELEMAC_2D. Naast de modellering van stromingen en waterstanden, zal in een volgende stap ook de golfmodellering gebeuren met behulp van het spectraal golfmodel TOMAWAC. In eerste instantie zal de golfmodellering gebeuren via een offline koppeling (waterstanden en stromingen worden eerst in een bestand geschreven om daarna ingelezen te worden door het TOMAWAC model). In tweede instantie zal dat via een dynamische koppeling tussen de twee modellen gebeuren.

Dit rapport beperkt zich tot de implementatie van het TELEMAC_2D-model dat zal gebruikt worden voor de simulatie van de waterstanden en de stromingen. In de ondiepere kustzone zijn

waterstanden belangrijk als input voor een golfmodel gezien zowel de voortplanting van golfenergie als de dissipatie van golfenergie afhangen van de waterdiepte.

1.2. Gebruikte windvelden

ERA-Interim windvelden zijn gekend om hun hoge kwaliteit en zijn vrij beschikbaar via de ECMWF [website](#). In het project '212176 - Monitoring Broersbank' werd uitvoerig ingegaan op de kwaliteit van deze data alsook het vrij beschikbaar zijn ervan. Voor de simulaties binnen dit project worden uit de ERA-Interim data de atmosferische druk en de windvectoren op 10m hoogte gebruikt.

1.3. Calibratie/Validatie

Een uitgebreide calibratie van het hydrodynamisch model is buiten de mogelijkheden van dit onderzoeksproject. Uiteraard verwachten we wel dat de afwijking (berekend via root mean square error) tussen gemodelleerde en gemeten waterstanden enigszins vergelijkbaar is met de waarden die bekomen werden met het Coherens model dat gebruikt werd/wordt voor de modellering binnen het project 'Monitoring Broersbank'. Voor de validatie zal beroep gedaan worden op gemeten waterstanden die beschikbaar zijn via het meetnet Vlaamse Banken.

2. Het TELEMAC_2D model

2.1. Algemene achtergrond

2.1.1. TELEMAC_2D stromingsmodel

Het TELEMAC_2D model lost de continuïteitsvergelijking en de ondiep water momentum vergelijkingen in de twee horizontale dimensies op. De details van deze vergelijkingen kan men vinden in de TELEMAC_2D handleiding (Telemac 2D software, user manual).

De oplossing van deze drie vergelijkingen laten toe om de drie onbekenden, namelijk de waterstand en de twee horizontale componenten van de stroomsnelheid, te berekenen in functie van de tijd als de randvoorwaarden en de krachten op het waterlichaam gekend zijn. De TELEMAC_2D software module is een onderdeel van een veel grotere geïntegreerde suite aan modellen binnen de open source TELEMAC-MASCARET aanbod (<http://www.opentelemac.org/>).

Het open-source karakter van de software laat toe om veranderingen aan te brengen in de broncode of om eigen subroutines toe te voegen zodat onderzoeksbevindingen kunnen geïmplementeerd en uitgetest worden met behulp van software.

2.1.2. Opzet van het model

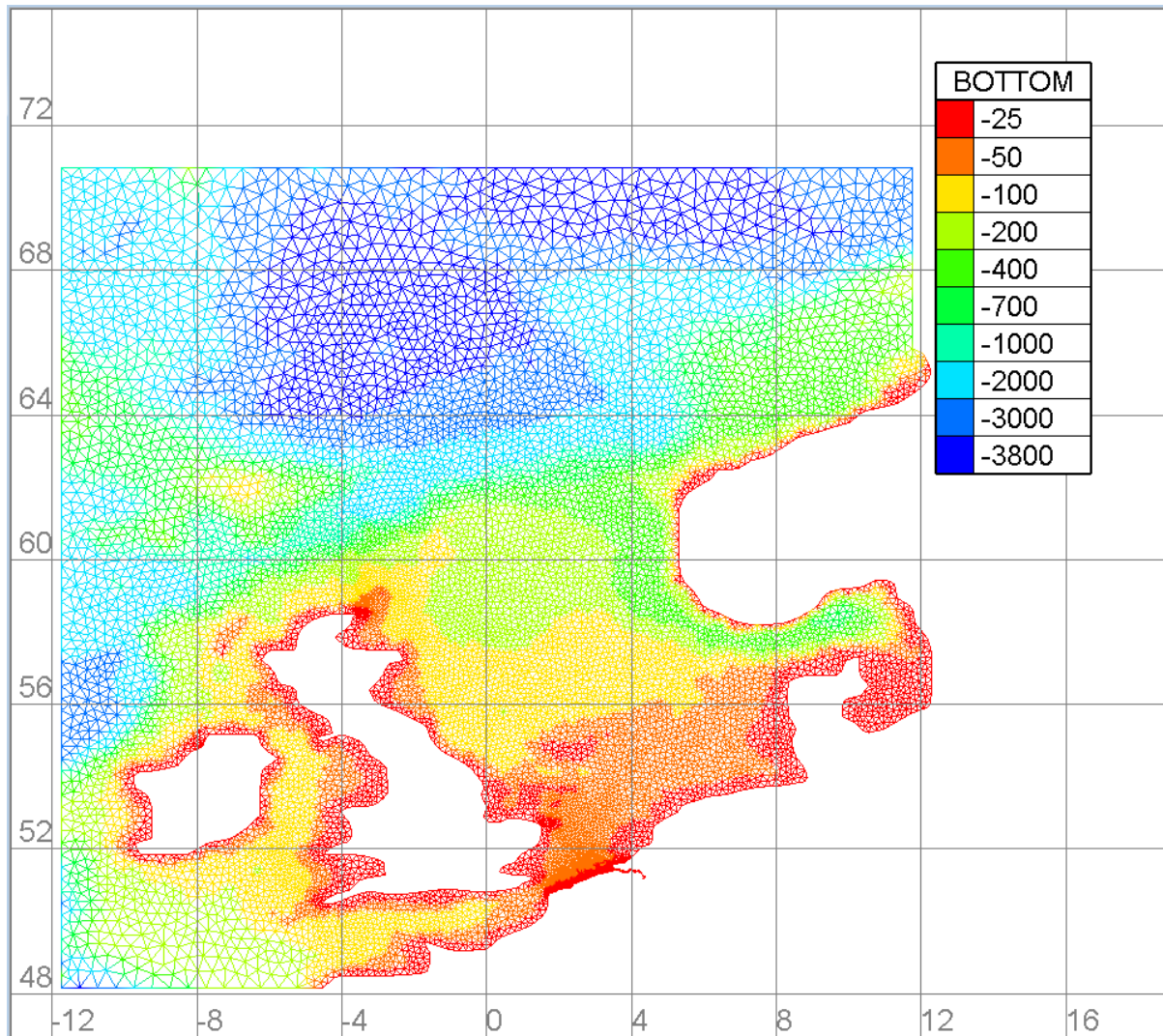
Voor de eerste opzet van het model zijn we uitgegaan van het modelconcept dat ontwikkeld werd in het kader van het doctoraatsonderzoek van Alessio Giardino (Giardino, 2008). Giardino (2008) maakte toen gebruik van de versie 5.5. In het kader van dit onderzoek zal de versie 7.0 van de software gebruikt worden. Omwille van de verandering van versienummer was het mogelijk om het concept over te zetten maar niet mogelijk om het model zo maar over te zetten. Een aantal 'custom made' routines dienden aangepast en aangepast te worden. In eerste instantie werd met een relatief grof rekenrooster gerekend om rekentijden in deze testfase te beperken.

2.2. Modelgebied en rekenrooster

2.2.1. Model gebied

Het modelgebied strekt zich uit van 47.8333 N tot 71.1667 N en van 12.25 W tot 12.25 E. Dit is uitgebreider dan het CSM gebied dat gebruikt wordt in Coherens om waterstanden en stromingen te simuleren voor het Europees Continentaal plat. Op zich zou in TELEMAC ook het CSM gebied kunnen gekozen worden, maar dat maakt latere koppeling tussen het stromingsmodel en golfmodel onmogelijk gezien beide rekenroosters identiek moeten zijn om een dynamische koppeling mogelijk

te maken tussen Telemac en het golfmodel TOMAWAC. Een uitbreiding naar het noorden toe is nodig voor het golfmodel TOMAWAC om de volledige fetch naar het noorden in het model te hebben en dus ook de in het noorden gegenereerde golfenergie die dan aan onze kust toekomt als deining te kunnen capteren. Deze uitbreiding naar het noorden was ook aanwezig in het WAM-model dat gebruikt werd in het project 212.276 “Vlaamse baaien – Monitoring Broersbank” dat gebruikt werd om de randvoorwaarden te geven voor het daaropvolgend geneste model.



Figuur 1. Het modelgebied voor het TELEMAC_2D model. De bathymetrie (in m t.o.v. gemiddeld zeeniveau) is ingekleurd. Het eindige elementengrid is gesuperponeerd.

2.2.2. Werken met sferische coördinaten in TELEMAC – projectie

Om te kunnen werken in uitgestrekte gebieden wordt gebruik gemaakt van sferische coördinaten. Werken met sferische coördinaten in Telemac gebeurt via een projectie op een Cartesisch rooster. Verdere details zijn terug te vinden in Giardino (2008).

2.2.3. Open randvoorwaarden

Aan de open rand worden acht componenten opgelegd, 4 half-dagelijkse (M2, S2, N2, K2) en vier dagelijkse (O1, K1, P1, Q1) componenten (zie Giardino, 2008).

2.2.4. Bathymetrie

Voor de bathymetrie werd in eerste instantie gebruik gemaakt van de Marebasse bathymetry Giardino (2008).

2.2.5. Eindige elementenrooster

Het rekenrooster

De TELEMAC-TOMAWAC suite maakt gebruik van de eindige elementenmethode met driehoekige elementen voor het oplossen van de vergelijkingen. Daardoor kan men werken op niet gestructureerde roosters en kan gebruik gemaakt worden van een fijner rooster in gebieden van interesse waar vrij grote gradiënten zijn. In de andere gebieden wordt er met grotere elementen gewerkt met als doel de rekentijd binnen de perken te houden. In Figuur 1 is het gebruikte rekengrid aangegeven voor deze eerste validatie. Het bevat 12760 knopen en 24584 elementen. In het gebied van de Belgische kust wordt momenteel gewerkt met elementen waarvan de afmetingen hebben van ongeveer 2km. Bij de golfmodellering zal er nog een verfijning van het rekenrooster moeten gebeuren in het gebied van de Broersbank om voldoende rekening te kunnen houden met de sterk veranderende waterdieptes door de aanwezigheid van de verschillende zandbanken. Voor de golfmodellering zal ook gebruik gemaakt worden van dezelfde bathymetrie zoals die werd gebruikt in het kader van de studie 'Monitoring Broersbank'. Gezien de rekenroosters in het geval van een dynamische koppeling van het hydrodynamisch model en het golfmodel identiek moeten zijn, zal die aanpassing dus ook in het hydrodynamisch model moeten gebeuren. Dit zal weinig of geen gevolgen hebben voor de gemodelleerde waterstand, wel zal de rekentijd toenemen. Berekende stroomsnelheden en stroomrichting zullen wellicht iets meer beïnvloed worden gezien in een fijner rekenrooster ook meer details van de bathymetrie meegenomen worden.

3. Validatie

3.1. Gebruikte statistische parameters voor de validatie model.

De volgende veel gebruikte statistische parameters werden weerhouden om modelresultaten en meetgegevens voor waterstanden te vergelijken.

$$RMSE = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} ; \text{Root mean square error.}$$

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i) ; \text{Bias}$$

Zoals in de inleiding vermeld is een uitgebreide calibratie/validatie buiten het opzet van deze studie. Wel wordt verwacht dat de afwijkingen niet beduiden groter zijn dan van het Coherens hydrodynamisch model dat in de studie 'Monitoring Broersbank' gebruikt wordt.

3.2. Gebruikte gegevens voor de validatie van stromingsmodel.

Voor de validatie van het model worden de gegevens van het meetnet Vlaamse Banken gebruikt. Als periode wordt December 2013 gebruikt. Deze periode zal dan ook gebruikt worden als een eerste validatie voor het golfmodel.

3.3. Aanpassingen aan het oorspronkelijke model van Giardino (2008)

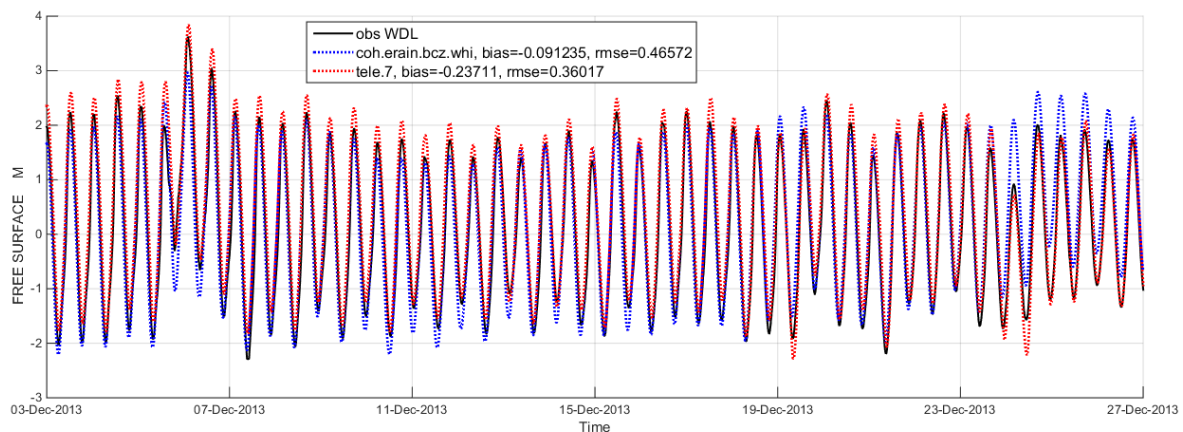
3.3.1. Invoer van meteo

Alessio (2008) maakte gebruik van een eigen geschreven fortran routine om meteo bestanden afkomstig van de BMM (UKMO-meteobestanden) om te zetten naar ascii bestanden die konden ingelezen worden in TELEMAC_2D. In overleg met het Waterbouwkundig Laboratorium werd een nota uitgewerkt om de mogelijkheden te onderzoeken om de ERA-Interim bestanden ofwel i) om te vormen naar ascii bestanden die dan konden ingelezen worden in TELEMAC ofwel ii) rechtstreeks the NETCDF bestanden in te lezen in TELEMAC. Hier hebben wij voorlopig geopteerd om de eerste optie te nemen omdat KU Leuven al over ascii bestanden voor ERA-Interim winden beschikten in het kader van het project 'Monitoring Broersbank' en er moeilijk kon ingeschat worden welke problemen er zouden rijzen bij de implementatie van een netcdf-bibliotheek in de TELEMAC-TOMAWAC suite. De behandeling van meteo is verschillend voor het stromingsmodel en voor het golfmodel wat mogelijks tot bijkomende problemen kan leiden (Giardino, 2008). In parallel werd ondertussen een routine ontwikkeld door het Waterbouwkundig Laboratorium om de

meteobestanden rechtstreeks in te lezen. Deze zal in de volgende fase uitgetest en meegenomen worden.

3.4. Resultaten

Vergelijking waterstand TELEMAC 2D met observatie op Westhinder



Figuur 2. Vergelijking waterstand berekend met Telemac 2D en gemeten op locatie Wandelaar.

Voor de maand december 2013 zijn de berekende waterstanden van vergelijkbare kwaliteit als de waterstanden die gemodelleerd werden met het Coherens model. Aan de ene kant is de bias hoger, aan de andere kant is de root mean square error lager. De bekomen resultaten geven echter wel vertrouwen dat de migratie van het model voor de Noordzee uitgewerkt door Giardino (2008) in het Telemac v5.5 platform en de implementatie in het Telemac v7.0 platform correct is verlopen en verder kan gebruikt worden mits de nodige verfijning van het rekenrooster.

4. Samenvatting, conclusies en verdere stappen

De achtergrondinformatie voor de implementatie van het hydrodynamisch model TELEMAC_2D werd kort toegelicht. Dit model zal gebruikt worden om de waterstanden en stromingen te berekenen die nodig zullen zijn om een dynamische koppeling mogelijk te maken met het golfmodel TOMAWAC. Voor de input van de meteo wordt gebruik gemaakt van de ERA Interim windvelden. Om dit te kunnen doen werd een aparte fortran routine geschreven. Het gebruikte rekenrooster werd kort toegelicht.

De berekende waterstanden werd vergeleken met de metingen (locatie Wandelaar). De afwijkingen van de berekende en gemeten waterstanden zijn vergelijkbaar met de afwijkingen die werden bekomen met het Coherens model dat gebruikt werd/wordt in het kader van het project 'Monitoring Broersbank'. Daarmee kan gesteld worden dat het TELEMAC_2D hydrodynamisch model voldoende gevalideerd is voor verder gebruik in deze studie.

In het verdere verloop van deze studie zullen nog een aantal bijkomende verfijningen gebeuren:

- Verfijning van het rekenrooster in het kustgebied alsook gebruik van de bathymetrie die gebruikt werd/wordt in het kader van de studie 'Monitoring Broersbank'. Deze verfijning van het rekenrooster is nodig voor het TOMAWAC golfmodel (net als bij SWAN) om voldoende nauwkeurig te kunnen inspelen op de veranderende bathymetrie. Gezien een latere dynamische koppeling enkel mogelijk is als de twee modellen een identiek rekenrooster gebruikten zal de verfijning van het rekenrooster ook gebeuren in het stromingsmodel.
- Testen en gebruik van de routine ontwikkeld door het Waterbouwkundig Laboratorium om rechtstreeks de netcdf ERA-Interim bestanden in te lezen. Dit zal gebeuren nadat ook eerst het TOMAWAC model is uitgetest.
- Verdere continue afstemming met de ontwikkelingen door het Waterbouwkundig Laboratorium. Dit zal praktisch uitgewerkt worden via een technische werkgroep die ongeveer maandelijks bijeenkomt. Momenteel zijn een aantal data vastgelegd tot en met januari 2016.

5. Referentielijst

- Giardino, A., 2008. Numerical Modelling of Sediment Transport in Shelf Seas and Estuaries. Case Studies: the Kwinte Bank and the IJzermonding, Doctoraatsthesis KU Leuven, Faculteit Ingenieurswetenschappen.
- Luyten P.J., Jones J.E., Proctor R., Tabor A., Tett P. and Wild-Allen K., 1999. COHERENS —A Coupled Hydrodynamical-Ecological Model for Regional and Shelf Seas: User Documentation. MUMM Report, Management Unit of the Mathematical Models of the North Sea, 914 pp.
- TELEMAC MODELLING SYSTEM, 2D hydrodynamics TELEMAC-2D Software, Release 7.0, USER MANUAL, December 2014.
- Van Lancker, V., Deleu, S., Bellec, V., Du Four, I., Verfaillie, E., Fettweis, M., Van den Eynde, D., Francken, F., Monbaliu, J., Giardino, A., Portilla, J., Lanckneus, J., Moerkerke, G. & Degraer, S. (2005). Management, research and budgeting of aggregates in shelf seas related to end-users (Marebasse). Scientific Report Year 3. Belgian Science Policy, 103 p.

Reference to this report:

Komijani, H., H. Ortega Yamamoto, J. Monbaliu, 2015. *Conceptmodel Telemac 2D*. Monitoring Broersbank – Opstellen van een hydrodynamische modellensuite TELEMAC-TOMAWAC voor de Broersbank. Broersbank_214341_R06 in opdracht van Afdeling Kust - Agenschap Maritieme Dienstverlening en Kust - Vlaamse Overheid, Laboratorium voor Hydraulica KU Leuven, 24-07-2015.